

ПОЛУЧЕНИЕ ПРОВОЛОКИ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОТЯЖКОЙ

RECEIVING WIRE OF RADIAL-DISPLACEMENT BROACH

М.Ю. Усанов¹, В.А. Харитонов

¹ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова филиал в г. Белорецке», Белорецк, Россия, barracuda_m@mail.ru

²ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, Магнитогорск, Россия.

Abstract

It is shown that the use of radial-displacement broach makes possible to get a nanostructure in wire and intensively to grind a structure as a whole cross section and near-surface layer, which is particularly important before profiling reinforcing wire.

Высокоуглеродистая проволока массово применяется в промышленности при изготовлении металлокорда, канатов, пружин и т.д. Высокое качество проволоки обеспечивается получением равновесного, мелкодисперсного, фрагментированного зерна и равномерным напряженным состоянием, исключающим появление растягивающих напряжений, как в центре так и на поверхности проволоки.

Формирование структуры осуществляется применяемым способом ОМД. При волочении заготовка вытягивается в одном направлении - вдоль продольной оси, и в этом случае повороты главной оси тензора деформации относительно этого направления незначительны, что позволяет отнести этот процесс к квазимонотонным. В металлах при квазимонотонной деформации образуется ярко выраженная аксиальная текстура [1]. Кроме того, волочение характеризуется неравномерным напряженным состоянием, определяемым режимами деформации и контактными условиями.

Волочение (протяжка) в роликовых волоках повышает равномерность деформации по сечению проволоки, снижает контактное трение. Однако характер течения металла остается квазимонотонным, а используемые в практике системы калибров «круг-фасонное сечение-круг» значительно усложняют конструкцию роликовых волок, увеличивают количество деформирующих роликов, а так же создают неравномерную деформацию по периметру калибра [2].

Для получения субмикроструктурной и нанокристаллической структуры применяются методы интенсивной пластической деформации (ИПД), обеспечивающие немонотонный характер течения металла. В этих методах инструментом активно задается переменная по величине и направлению скорость деформирования, соответственно, изменяется направление вытяжки материала и положение следа тензора деформации по отношению к системе координат, связанной с заготовкой. Течение материала в этих условиях приобретает ротационный («вихревой») характер [1]. Применяемые сегодня методы ИПД, такие как равноканальное-угловое прессование (РКУП),

кручение под высоким давлением, всесторонняя ковка носят, в основном, дискретный характер и их

практически невозможно применить для получения длинномерных изделий (проволоки) в промышленных условиях.

Одним из эффективных методов деформации, сочетающих формоизменение и интенсивное структурообразование, является радиально-сдвиговая прокатка, которая определяется как частный случай винтовой прокатки в области больших углов подачи и применяется для производства круглого проката, прутков и заготовок [3]. Однако, при радиально-сдвиговую прокатку из-за вращения заготовки практически невозможно применить при производстве проволоки.

На кафедре машиностроительных и металлургических технологий МГТУ им. Г.И. Носова был предложен способ, получивший название радиально-сдвиговая протяжка (РСПр) [2, 4]. Радиально-сдвиговая протяжка осуществляется деформацией ее тремя неприводными роликами, расположенными под углом 120 градусов друг к другу и повернутыми на угол подачи, путем приложения к проволоке (катанке) переднего тянущего усилия без вращения обрабатываемой проволоки (рис. 1). Каждый ролик имеет рабочий конус и калибрующий пояс.

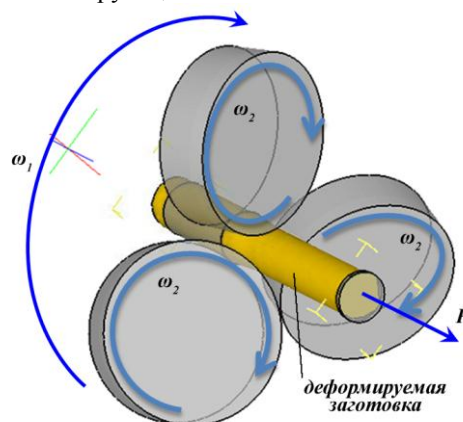


Рис.1. Принципиальная схема РСПр
 ω_1 – скорость вращения кассеты; ω_2 – скорость вращения роликов;
 P – усилие протяжки.

Волочение (протяжка) в роликовых волокнах, обеспечивающих радиально-сдвиговую деформацию, реализует высоконемонотонную равномерную деформацию по системе «круг—круг». Причем радиально-сдвиговая протяжка имеет, как и радиально-сдвиговая прокатка геликоидальное истечение металла в очаге деформации, что приводит к образованию в металле спиральной микроструктуры. Конструкция волоки значительно проще, а количество роликов в них два, максимум три. Ролики малогабаритные и сравнительно простые по конструкции [4].

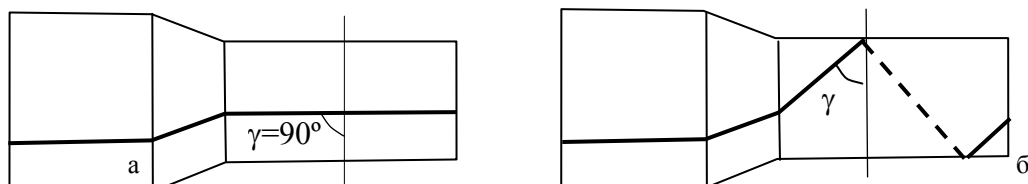


Рис. 2 – Траектории течения металла
а – при волочении (прокатке, протяжке);
б – при радиально-сдвиговой протяжке.

Общая величина накопленной деформации определяется как сумма линейной деформации вытяжки и деформации скручивания по выражению [6]:

$$e = 2 \ln \left(\frac{d_0}{d} \right) + \ln \left(\frac{90}{\gamma} \right) \quad (1)$$

В работах [7, 8] показано, что расстояние между пластинками цементита (S) при волочении в монолитных волокнах, непрерывно уменьшается при увеличении суммарной степени деформации или межпластиночное расстояние уменьшается пропорционально диаметру проволоки d, $\frac{S}{S_0} = \frac{d}{d_0}$, (S - межпластиночное расстояние в готовой проволоке после обработки; d - диаметр готовой проволоки после обработки S₀ - межпластиночное расстояние при начальном диаметре проволоки d₀).

Для оценки изменения межпластиночного расстояния при радиально-сдвиговой протяжке, нами предложена формула:

$$\gamma = 90 \cdot \left(\frac{S \cdot d_0}{S_0 \cdot d} \right)^2, \quad (2)$$

При использовании заготовки диаметром 16,0 мм из катанки, имеющей сорбитную структуру с размером зерна 180 нм обработанную по маршруту

16,00→14,25→12,85→11,73→10,80→10,00 мм волочением в монолитных волокнах, была получена готовая проволока с размером зерна 112

Согласно [5] пластическое скручивание определяется по изменению угла между образующей поверхности проволоки и плоскостью поперечного сечения, тогда логарифмическая деформация скручивания представляет собой логарифм отношения этого исходного углового размера (90°) к конечному: $e_k = \ln(90^\circ/\gamma)$, где γ — угол подъема винтовой линии. Траектории течения металла при волочении и радиально-сдвиговой протяжке показаны на рис. 2.

нм. При этом суммарное усилие волочения составило 3550 Н, а накопленная степень деформации - 0,94.

По этому же маршруту получили проволоку радиально-сдвиговой протяжкой при среднем угле подъема винтовой линии за один проход 9 градусов. Была получена проволока с размером зерна 80 нм. При этом цементитные пластины не разрушились и приобрели форму вытянутой спирали. Суммарное усилие волочения составило 1400 Н, а степень накопленной деформации - 1,49.

Управлять углом подъема винтовой линии за один проход можно, изменяя величину вытяжки (рис. 3) и угол конической части ролика (рис. 4).

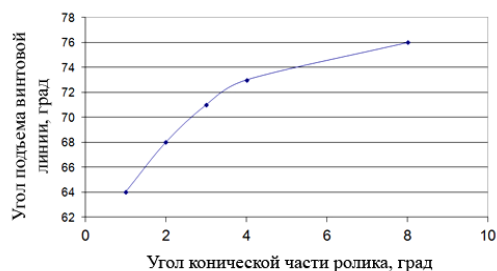


Рис. 3 – Зависимость угла подъема винтовой линии от угла конической части ролика

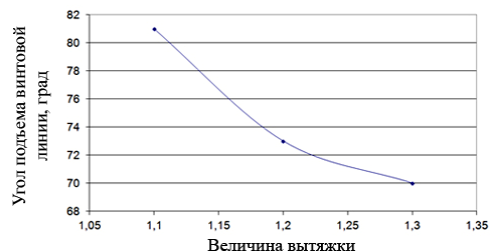


Рис. 4 – Зависимость угла подъема винтовой линии от величины вытяжки

Из рисунков 3 и 4 видно, что угол подъема винтовой линии увеличивается (т.е. скручивание больше) с уменьшением конической части ролика и увеличением величины вытяжки.

Таким образом, было показано, что радиально-сдвиговой протяжкой можно получить проволоку со значительно более мелкодисперсной структурой и меньшими энергетическими затратами. Кроме того, РСПр позволяет повысить равномерность деформации по сечению проволоки. На данный способ производства проволоки была подана заявка на изобретение №2012128910 и получено положительное решение от 18.07.2013 о выдаче патента РФ.

Радиально-сдвиговая протяжка, кроме того, позволяет управлять напряженным состоянием поверхностного слоя проволоки. На основании чего был предложен новый способ обработки арматурной проволоки перед профилированием. Способ осуществляется последовательной протяжкой проволоки в двух волоках радиально-сдвиговой протяжки с реверсивным вращением волок с одинаковой величиной вытяжки, что приводит к интенсивному измельчению зерен в поверхностном слое. Кроме того в поверхностном слое проволоки формируются сжимающие остаточные напряжения. Это при дальнейшем профилировании арматурной высокопрочной проволоки в роликовых волоках путем нанесения впадин и выступов на поверхностный слой проволоки, исключает разрушение проволоки и появление остаточных растягивающих напряжений и дает возможность интенсифицировать режимы окончательной термомеханической обработки (стабилизации) высокопрочной арматурной проволоки и, тем самым, значительно снизить потери от релаксации напряжений. На данный способ так же была подана заявка № 2012146886 и получено положительное решение от 26.07.2013 о выдаче патента РФ.

Список литературы

1. Утяшев Ф. З. Современные методы интенсивной пластической деформации: учебное пособие; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2008.-313 с.
2. Совершенствование режимов деформации и инструмента при волочении круглой проволоки // Харитонов В. А., Манякин А. Ю., Чукин М. В., Дремин Ю. А., Тикеев М. А., Усанов М. Ю. : монография. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2011. 174 с.
3. Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки. М.: Ме-таллургия, 1990. - 344с.
4. Радиально-сдвиговая протяжка как эффективный способ повышения качества круглой проволоки / В.А. Харитонов, М.А. Полякова, М.Ю. Усанов / Труды научно-технической конференции «Проблемы и перспективы развития металлургии и машиностроения с использованием завершенных фундаментальных исследований и НИОКР». Т. 2. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. С. 521-532.

5. Патент РФ №2038175 МПК В21В1/02, В21В19/00, опубл. БИ 27.06.1995
6. Иванов М.Б., Пенкин А.В. и др. Теплая поперечно-винтовая прокатка в валках конической формы как метод интенсивной пластической деформации // Деформация и разрушение материалов. 2010. №9. С. 13-18.
7. Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные материалы: получение, структура и свойства. – М.: ИКЦ: «Академкнига», 2007.-398с.
8. Битков В.В. Технология и машины для производства проволоки. Екатеринбург: УрО РАН, 2004. - 343с.